

由生物分析法來檢驗高雄煉油總廠 廢水的淨化程度

高中組生物第二名

國光高級中學

作者：宋 敏等三名

指導老師：謝 百 岳

一、動機：

據報載後勁溪水的污染，對於整個河川的生態都造成嚴重的影響，高雄煉油總廠的廢水也是排入後勁溪的，身為油廠子弟，對此切身之事，也該盡己所能地加以觀察研究。

二、目的：

我們本著客觀的態度，從實驗來了解煉油廠廢水經過處理後能否合乎標準；以及這些廢水排到後勁溪後所造成的影響，如果煉油廠的廢水不合乎標準，爲了長遠的利益著想，我們要建議廠方加強處理。若是合乎標準，我們更希望煉油廠能成爲其他工廠的模範。

三、儀器：

- 1 回流裝置——包括 250 ml 三角燒瓶、冷凝管、加熱板、滴定管 (50 ml)
- 2 Beckman PH meter
- 3 DO meter 4. SS meter 5. 光度計
6. 蒸餾儀器 7. 2000cc. 燒杯

四、材料：

- 1 魚 (200 尾)
- 2 煉油廠廢水處理過程的水樣。
- 3 後勁溪各階段的水樣。

五、過程：

- (A) 測所取 1 煉油廠廢水處理過程的水樣 2 後勁溪各階段的水樣

的PH值、COD及油含量等。

(a) COD :

- (1) 將 0.48g HgSO_4 和 0.158g Ag_2SO_4 於回流燒瓶內加 20.0ml 水樣，然後加 10ml 標準重鉻酸鉀滴定液 (0.25 N) ，再加上 30 ml 的硫酸混合。
- (2) 將燒瓶與冷凝器連接，回流混合物經 2 小時，用蒸餾水稀釋混合物至 140 ml ，冷卻至室溫，用標準硫酸銨亞鐵滴定過剩之重鉻酸鹽，顏色會變成紅棕色。
- (3) 以 20 ml 蒸餾水作為空白，加全部與水樣相同的試劑，同樣回流。

(4) 計算：

$$\text{COD (ml / l)} = \frac{(a - b) \times c \times 8000}{\text{ml 水樣}}$$

a = 用於蒸餾水之 $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ 之 ml 數

b = 用於水樣之 $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ 之 ml 數

c = $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ 之規定濃度

註：溶 39g $\text{Fe (NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 於蒸餾水，加 20ml 濃 H_2SO_4 ，冷卻稀釋至 1000ml 則可得規定濃度 0.10N 。



(b)油含量：

- (1)以 500cc. 的水樣加 H_2SO_4 使其 $PH = 4$ ，加入正己烷 40 cc. 萃取第一遍（油在上因為溶解在正己烷中）再將水漏出，油收集於另一杯內，再以 30 cc. 的正己烷萃取第二遍，再收集油，再以 20 cc. 的正己烷萃取第三次。
- (2)油全部收集後過濾雜質，裝入稱過重量的空瓶裏，加熱此瓶使正己烷揮發至 $104^{\circ}C$ ，加熱維持 30 分鐘。
- (3)再將稱重減去空瓶重，即得重油之重量。
- (4)此反應為逆滴定。

$$\frac{\text{以重油之重量} \times 10^6}{500} = \text{重油之 ppm}$$

- (c)PH值：先校正 Beckman PH meter，然後將電極放入水樣中，記錄下其數值。
- (d)SS：利用過濾烘乾法（或用 G.S meter 直接測得）
- (e)硫酸鹽濃度：BaSO₄ 沈澱法。

B-1 置魚於所取的煉油廠廢水處理過程中各步驟的水樣中，觀察並記錄之。

注意事項：1 水樣取來後必須立刻冰凍起來。

2 在 24 小時內使用，以防水變質。

條件：1 在同一時間內把魚放入此些水樣中。

2 同在一段時間內曝氣。

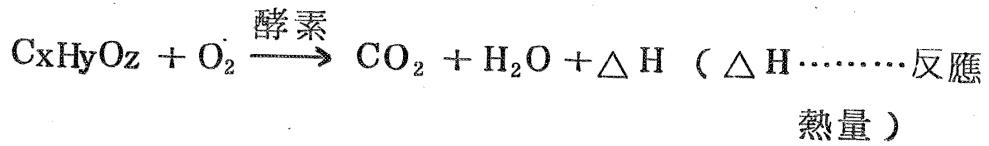
3 水溫保持一定。

註：生物處理：利用喜氣細菌

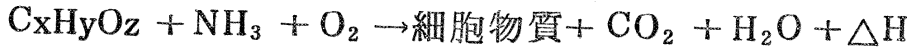
生物處理是藉微生物營其代謝作用而引起廢水之生化反應，由生化反應而使廢水中溶存之有機物，以及懸浮之有機物，一部分轉變為微生物所需之能量，一部分轉變為微生物的細胞物質，同時使大部分懸浮物及死亡的細胞物質沈入沈澱池，最後使得溢流之有機物減低至可流放的程度，其過程反應如後：

曝氣池→

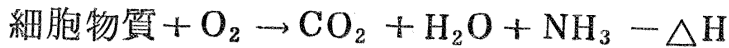
(a)有機物氧化



(b)細胞物質合成



(c)細胞物質之氧化



註：所沈澱之活性污泥包含之微生物計有細菌 (Bacteria) 、真菌 (Fungi) 、原生物 (Protozoa) 和輪蟲 (Rotifers) 等。

B-2 置魚於所取後勁溪各階段之水樣中，觀察並記錄。

結果：

A-1 煉油廠廢水水樣化驗結果表

項 目 \ 水樣編號	I	II	III	IV	V	VI
酸 鹼 度 PH 值	7.2	7.4	8.2	8.4	11.0	8.5
溶解性有機物濃度 COD mg/l	786	498	938	644	8750	50
油 含 量 mg/l	12	10	10	4	11	4
酚代物含量 mg/l	0.8	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2
懸浮固物體含量 mg/l	1.5	2.4	1.2	2.5	2.5	2.5
溶 氧 量 mg/l	85	102	93	65	65	65
硫酸鹽濃度 mg/l	235	25	90	145	145	145

A-2

後勁溪各段水樣化驗結果表

項 目 \ 編 號	I	II	III	IV
PH 值	8.7	8.9	7.5	7.7
COD mg/l	512.1	802	70	244

B-1 魚在煉油廠各廢水中的死亡記錄

日 期 \ 魚死亡數目 \ 編 號	I	II	III	IV	V	VI
1月10日 9:04~1月10日12:00	18	16	13	4	20	0
1月10日12:00~24:00	2	4	4	2	0	0
1月11日 0:00~1月11日12:00	0	0	3	3	0	0
1月11日12:00~1月11日24:00	0	0	0	3	0	0
1月12日 0:00~1月14日24:00	0	0	0	6	0	0
1月15日 0:00~1月17日24:00	0	0	0	2	0	2
1月19日 0:00~1月26日24:00	0	0	0	0	0	8
1月27日 0:00~2月4日24:00	0	0	0	0	0	6
2月5日 0:00~2月10日24:00	0	0	0	0	0	3
2月10日 0:00~2月20日24:00	0	0	0	0	0	1

B-2

魚在後勁溪各段水樣中的死亡記錄

日期	魚死亡數目	編號	I			
			I	II	III	IV
1月10日9:45 ~ 1月15日24:00			0	3	0	0
1月16日0:00 ~ 1月26日24:00			2	4	0	0
1月27日0:00 ~ 2月4日24:00			0	5	0	4
2月5日0:00 ~ 2月10日24:00			4	3	5	3
2月11日0:00 ~ 2月16日24:00			3	5	4	4
2月17日0:00 ~ 2月22日24:00			2	0	4	5
2月23日0:00 ~ 2月26日24:00			5	0	3	4
2月27日0:00 ~ 3月1日24:00			4	0	2	0
3月2日0:00 ~ 3月4日24:00			0	0	2	0

六、討論：

(A)

項目	PH	COD	油含量	酚	固體懸浮物	硫酸鹽
國家標準	6~9	400mg/l	10mg/l	1mg/l	200mg/l	1000mg/l

1 由結果的 A-1 的 IV 可知其 PH 值、油含量、酚、固體懸浮物及硫酸鹽均合乎國家標準，故此不詳細討論。

2 A-1 的 IV 中唯有 COD 為 644ppm 高於國家標準。

3 再對照 A-2 中的 I COD 便降低至 512ppm，再到 A-2 的 IV 便只有 244ppm，顯示經過溪水的稀釋 COD 降低很多

B-1

1 此實驗中可以很明顯地察覺第 V 組所飼養之魚皆在一日間死亡，比其他五組甚為短暫，影響魚的死亡因素很多，現在就幾點來加以討論：

(1) 觀察 A-1 結果，其中第 V 組之 PH 值及 COD 兩項皆高於其他幾組甚多。

(2) 在此實驗中第 VI 組的魚生存最久，第 V 組之魚生存最短，但 V、VI 皆為 DMT 工廠所排放之一系列的廢水，其中 VI 比 V 之廢水多經過二道手續——中和及活性污泥的處理，所以 VI 比 V 少了許多有機物。

例如：醋酸、甲醇等物質，我們再比較 V 與 VI 之 PH 值、COD、DO 等濃度。

結果：

項目 組別	PH 值	DO	油含量	酚	COD	懸浮固體含量	硫酸鹽
V	11.0	2.5 mg/l	11 mg/l	0.2 mg/l	8750 mg/l	65 mg/l	145 mg/l
VI	8.5	2.5 mg/l	4 mg/l	0.2 mg/l	50 mg/l	65 mg/l	145 mg/l

其中 V 之 PH 值及 COD 皆高於 VI 很多，基於以上兩點我們可以推論：V 之 COD 及 PH 值對魚來講皆過高，以致於造成魚早死亡的現象。

2 由圖形來判斷第 IV 組的魚應該比第 VI 組活得久，但是由實驗結果證明 VI 的魚生存較長，對於這個現象，我們作以下的討論：

(1) IV 為廢水處理之最終站，應該是最乾淨的，但是 IV 是「由 III 匯集了將近三十處分廠之廢水再經過一套生物處理後之廢水」因此水質中所含的有機物較多，比較難以處理，而 VI 為 DMT 工廠之廢水經過中和及生物處理後的水樣，較易處理，所以水質 III 好，另外實驗所測得的 PH 值、COD

、含油量、DO等也都證明了Ⅵ水質較好，所以魚在Ⅵ的廢水中生存較久。

3. 根據我們的推論，Ⅵ之廢水既然較Ⅳ乾淨，何不直接排放呢？因為Ⅲ為匯集了許多工廠之廢水，水質較壞，且Ⅵ的廢水又較乾淨，所以就經濟及實際上之需要，煉油廠有必要拿Ⅵ之廢水來稀釋Ⅲ之廢水。

B-2

1. 實驗中只有第Ⅱ組魚的生存時數最短，這是為什麼呢？

討論如下：

因為所取水樣的水道是煉油廠為防止工廠廢水過多或雨季水量的突增，使得曝氣池無法容納，因此這些水未通過最後一道的生物處理便排放到此預備的水道中，再看結果A-2Ⅱ之COD為802ppm，PH值為8.9皆為四組中最高者，所以由上可知，魚於此水樣中較難以生存。

註：由於此條排水道平時只有稀少的廢水漏出，所以對於河川所造成的污染並不嚴重，但是煉油廠也應該嚴格管制，而不讓廢水輕易由此排出，以免積少成多，對河川生態造成影響。

七、總論：

1. 煉油廠的排放水（即A-1Ⅳ）其中之COD為644ppm，超過國家標準約244ppm，但實驗B-2證明了當其排到後勁溪後，對魚的影響已經減低了許多，這由B-1Ⅳ及B-2ⅠⅣ魚的平均生存時間就可證明，比較如下：

項 目	魚的平均生存時間
B-1Ⅳ	14.30天
B-2Ⅰ	29.05天
B-2Ⅳ	34.1天

由於這些現象，我們再比較這兩組之A部分的結果，其中A-2Ⅰ之COD已降至510ppm，比A-1Ⅳ減少了134ppm；

A - 2 IV更降低了將近 400 ppm，且已合乎國家標準了。
以上這些比較，足以證明煉油廠排放水到後勁溪後對魚的影響甚微。

2. 比較及觀察 A - 1 及 B - 1，我們不難發現 V 之水雖為毒性最強的 DMT 工廠所排的廢水，但經過一道中和及生物處理的過程後（即 VI），其水質中的鹼性及有機物減少很多，魚在其中生存也較長，再看 IV 即煉油廠排放水，並不盡合乎國家標準，所以鑑於上述 DMT 工廠廢水處理的成功，我們建議該廠最好在 IV 手續之前，多建立幾套去油裝置、生物處理或是稀釋處理，以便廢水中的不良的成分能藉此除去，使得排放水能合乎國家標準，好把廢水對河水污染的程度減至最低。
3. 大社工業區距我們採水樣的地點很遠，而根據第 III 組養魚及化驗的結果知道大社工業區排放的水經過長距離溪水的稀釋後，有害物機質幾乎對所養的魚已無妨礙，由此我們建議煉油廠在處理廢水時可用水大量稀釋，這樣便相當於加長河川稀釋的距離，這樣有害物質的濃度便可以降低。
4. 由於有許多工廠的廢水都排到後勁溪，所以對於下游的魚塢造成嚴重的污染，使其蒙受重大的損失，而我們已由實驗證明，煉油廠的廢水，對後勁溪影響甚微，由此可推論下游的各工廠對魚塢之污染較大。
5. 我們的實驗雖然只是短時間的結果，但煉油廠一年四季的排放水是經過嚴格控制的，其水質及水量與我們的實驗用水相差無幾，所以實驗的結果是可採信的。